

木材切削工具の切れ味測定と切れ味評価(XXII)*

木材切削における工具切れ刃面および裏刃すくい面に加わる

切削抵抗の変化に及ぼす被削材気乾容積重の影響

杉 山 滋

長崎大学教育学部技術教育講座

(平成13年3月15日受理)

Studies on Quantification of Sensuous Sharpness and Mechanical Sharpness of Wood Cutting Tools. XXII.*

Effects of Specific Gravity in Air Dry upon Cutting Force Components

acting on Cutting Tool Face and on Chip Breaker Face in Orthogonal

Wood Cutting with Tool equipped with a Chip Breaker

Shigeru SUGIYAMA

Department of Technology Faculty of Education,

Nagasaki University, Nagasaki 852-8521

(Received March 15, 2001)

Abstract

In the wood cutting process with a tool equipped with a chip breaker, it is important to investigate the changes of cutting force components acting on a cutting tool (T_2) and on a chip breaker (T_1) with distance between tool edge and chip breaker edge (l_c), grain angle (φ_1) and specific gravity of workpiece (r_u) and to make clear the optimum condition of l_c . In order to obtain quantitative information on them, the basic orthogonal cutting tests were performed using the same composite tool as used in the previous reports^{1)~4)} (Fig. 1 and Tables 1 and 2). The results obtained are as follows:

(1) The cutting force components acting on T_2 , T_1 and on both T_2 and T_1 increase proportionally with increase in r_u (Fig. 2). And they can be expressed by Eqs. (3)~(7).

In Eqs. (3)~(7), F_H and F_V , horizontal and vertical components of cutting force, respectively; F and N , frictional and normal forces, respectively; and α , constant. The cutting force components acting on T_2 , T_1 , and both T_2 and T_1 are denoted by subscripts in the bracket, i. e., K, B, and B•K, respectively.

(2) Although the coefficients in Eqs. (4), (5) and (7) change remarkably with l_c , those in Eqs. (3) and (6) do slightly with l_c (Fig. 3).

(3) Although the coefficients in Eqs. (4) change with φ_1 under the combination of depth of cut (t) of 0.2 mm and $l_c = 0.40$ mm, they do little with φ_1 under the combination of $t = 0.3$ mm and $l_c = 0.40$ mm (Fig. 4).

1. 緒 言

異方性材料である木材のひら削り、即ち、材表面を平滑に仕上げるための仕上げ鉋盤や手鉋（二枚刃台鉋）などによる切削では、一定材長の切削中に繊維傾斜角（被削材の切削

*本研究は、研究課題「木材切削工具の切れ味評価法（感覚切れ味と機械切れ味の定量化）に関する研究」の続報である。なお、本研究を「学校教育における木材加工（木工・工作を含む）学習指導のための技術的基礎研究（第26報）Technical and Fundamental Studies on Education of Wood Working Technical Education Lessons of School, XXVI.」とする。上記の研究（第25報）および標記の(XXI)は、長崎大学教育学部紀要 —自然科学— 第64号 27~33 (2001)に掲載。

方向縦断面における繊維走向と切削方向の交差角度)が種々変化する。したがって、上記の切削機械・工具における機械的諸条件と繊維傾斜角との関係を理解するためには、まず切削抵抗の変化についての詳細な検討が必要となる。

既報¹⁾では、繊維傾斜角の変化の範囲が比較的小さい順目・逆目切削を対象として、工具切れ刃面および裏刃すくい面に加わる切削抵抗の各分力を測定し、それらの変化から裏刃の作用について検討し、裏刃の適正セット条件を確めた。

しかし、多数の樹種を使用する我が国の場合、同一の切削機械・工具においても、一定の機械的條件で多数の樹種の切削も要求されるから、機械的諸条件と被削材質との関係についての詳細な検討が望まれる。そのためには、機械的諸条件を変化させて被削材質を種々の立場から検討することが望まれるが、被削材質をある一つの限定した立場から検討し、簡単でわかり易い形に整理しておくことは、上記の切削機械による種々の材料の被削性を評価するうえでも、また切削機構を検討するうえでも意味のあることと思われる。

そこでこの研究では、多数の樹種を供試材として用い、主として分割工具による二次元切削を行い、工具切れ刃面および裏刃すくい面に加わる切削抵抗の各分力を測定し、それらと被削材質、とくにその中で最も重要と考えられる気乾容積重との一般的な関係について、ならびに気乾容積重の広い範囲から裏刃の作用について、検討を試みた。

2. 実験方法

仕上げ鉋盤や手鉋（二枚刃台鉋）などの切削機械・工具を対象として、裏刃を装備させた工具による多数の樹種の二次元切削を行い、工具切れ刃面および裏刃すくい面に加わる切削抵抗の分力の測定を中心に行った。切削抵抗の分力の測定には、既報¹⁾と同様に分割工具を用いて行った（同工具による切削抵抗の測定方法、切削実験装置および実験方法などは既報^{2)~4)}参照）。

分割工具では、Fig. 1 に模式的に図解するように、工具（T₂ナイフ）切れ刃面に加わる切削抵抗の摩擦力（F_(K)）または垂直力（N_(K)）が測定され、しかもこれらの分力の測定と同時に、分割工具による切削中に被削材に加えられる切削力の水平分力（F_{H(B・K)}）および垂直分力（F_{V(B・K)}）が測定される。F_{H(B・K)}、F_{V(B・K)}は、T₂ナイフおよび裏刃（T₁ナイフ）の両者に加わる切削抵抗と同値とみなし得る^{1),2)}から、Fig. 1 に示す*¹のように、F_(K)、N_(K)およびF_{H(B・K)}、F_{V(B・K)}を用いると、T₁ナイフすくい面に加わる摩擦力（F_(B)）および垂直力（N_(B)）は、次式から求められる。

$$\left. \begin{aligned} F_{(B)} &= F_{H(B・K)} \cos \theta' - F_{V(B・K)} \sin \theta' + N_{(K)} \sin \beta' - F_{(K)} \cos \beta' \\ N_{(B)} &= F_{H(B・K)} \sin \theta' + F_{V(B・K)} \cos \theta' - N_{(K)} \cos \beta' - F_{(K)} \sin \beta' \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

ここで、 θ' 、 β' はそれぞれT₁ナイフの切削角、刃先角である。なお、T₂ナイフ切れ刃面に加わる水平分力（F_{H(K)}）、垂直分力（F_{V(K)}）とF_(K)、N_(K)、ならびにT₂ナイフすくい面に加わる水平分力（F_{H(B)}）、垂直分力（F_{V(B)}）とF_(B)、N_(B)との関係を、添字を除いて示すと、

$$\left. \begin{aligned} F_H &= N \sin \Theta + F \cos \Theta \\ F_V &= N \cos \Theta - F \sin \Theta \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

ただし、(2)式における Θ は、F_{H(K)}、F_{V(K)}を求める場合にはT₂ナイフの切削角(θ)を、また、F_{H(B)}、F_{V(B)}を求める場合にはT₁ナイフの切削角(θ')を、それぞれ意味する。

実験条件は、Table 1 に要約して示すように、実験の目的によってその条件が異なる。いずれの実験においても、既報の結果¹⁾を考慮して決めた。実験Ⅰでは、裏刃刃先角(β')をほぼ適正角度¹⁾($\theta' \doteq 90^\circ$ となる β')とし、T₂とT₁の両ナイフ刃先の間隔(l_c)(これを“裏刃後退量”と呼ぶ)の影響を、また、実験Ⅱでは、 l_c 、 β' をほぼ適正条件¹⁾($l_c = 0.3 \sim 0.4$ mm, $\beta' = 50 \sim 55^\circ$)に近づけ、繊維傾斜角(ϕ_1)の影響を、それぞれ調べることを目的とした。これら両実験と既報の

* Fig. 1では、煩雑になることを防ぐため、すべての分力を“工具が材に加える力”、即ち、切削力の分力としてベクトル表示した。

結果¹⁾とから、気乾容積重(r_u)、 l_c 、 ϕ_1 の変化に伴う切削抵抗の各分力の変化を明確にしようとした。

分割工具による切削抵抗の測定に先だち、既報¹⁾と同様に、予め通常工具による切削実験を Table 1 とほぼ同条件で行い、工具全体(工具切れ刃面および裏刃すくい面の両者)に加わる切削抵抗の水平分力、垂直分力の測定を行った。これらの分力と分割工具による切削実験により得られる $F_{H(B \cdot K)}$ 、 $F_{V(B \cdot K)}$ とを対比させ、分割工具による切削実験の妥当性を確かめながら、 $F_{(K)}$ 、 $N_{(K)}$ の測定を進めた。いずれの実験においても、工具切れ刃の θ を 35° 一定とし二次元低速切削を行った。なお、工具切れ刃、裏刃はその材質がそれぞれ高速度鋼 SKH 2、高炭素クロム軸受鋼 SUJ 2 で、いずれも兼房刃物工業(株)製である。

供試材は、Table 2 に示すように r_u が $0.19 \sim 1.01 \text{ g/cm}^3$ の範囲の 25 種を用いた。いずれの材も、その切削面を追まさ目面、即ち、年輪接触角(ϕ_3)を $20 \sim 55^\circ$ の範囲に入るものを用い、切削面の繊維走向と切削方向とが平行する切削、即ち、木理斜交角(ϕ_2)を 0° として切削を行った。試験片の切削幅、切削長はそれぞれ $7 \sim 10 \text{ mm}$ 、 $55 \sim 60 \text{ mm}$ とした。なお、切削直前に測定したこれらの試験片の含水率は $10.1 \sim 12.0 \%$ (平均 11.5%) であった。

3. 実験結果および考察

分割工具を用いて切削実験を行い、工具(T_2 ナイフ)切れ刃面に加わる摩擦力($F_{(K)}$)、垂直力($N_{(K)}$)ならびに T_2 ナイフ切れ刃面および裏刃(T_1 ナイフ)すくい面の両者に加わる水平分力($F_{H(B \cdot K)}$)、垂直分力($F_{V(B \cdot K)}$)をそれぞれ測定した。その結果の一例を Fig. 2 に示す。同図にみられるように、いずれの分力も気乾容積重(r_u)と極めて高い相関で比例関係が成立した。Table 1 に示す全条件下で、各分力(kg/mm)と r_u (g/cm^3)との関係を求めたが、いずれの条件下でも、各分力を、次式のように表現し得た^{*2}。

$$\left. \begin{aligned} F_{(K)} &= \alpha_{F_K} \cdot r_u \\ N_{(K)} &= \alpha_{N_K} \cdot r_u \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

$$\left. \begin{aligned} F_{H(B \cdot K)} &= \alpha_{F_{H(B \cdot K)}} \cdot r_u \\ F_{V(B \cdot K)} &= \alpha_{F_{V(B \cdot K)}} \cdot r_u \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

^{*2} $F_{(K)}$ 、 $N_{(K)}$ および $F_{H(B \cdot K)}$ は r_u と正の相関(相関係数 r' は $0.76 \sim 0.94$)が成立し、いずれの分力も r' は比較的高い値に集中した。一方、 $F_{V(B \cdot K)}$ は正の相関($r' = 0.11 \sim 0.77$) [$F_{V(B \cdot K)} > 0$ は裏刃を装備した工具全体が母材を引張る方向(Fig. 1 に図解する $F_{V(B \cdot K)}$ の方向)に作用することを意味する]と負の相関($r' = -0.99 \sim -0.51$) [$F_{V(B \cdot K)} < 0$ は工具全体が母材を圧縮する方向(Fig. 1 の $F_{V(B \cdot K)}$ と反対の方向)に作用することを意味する]とがあり、両場合とも r' の絶対値は比較的低い値に集中し、統計的に有意差のない場合が大半を占めた(試料相関係数 r' から母相関係数 $\rho = 0$ の検定結果による)。しかし、 r' に有意差のある場合の実験式(4)式となない場合の実験式($F_{V(B \cdot K)} = \text{const.}$)との誤差は僅少であることを確かめたので、 T_1 ナイフに加わる切削抵抗の分力を求めるために、この研究では便宜上、 $F_{V(B \cdot K)}$ も(4)式のような実験式で表現することとした。

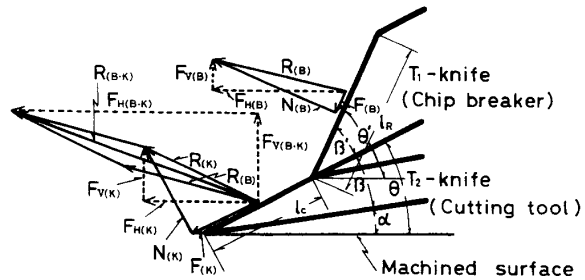


Fig. 1. Various cutting force components acting on T_2 -knife face, on T_1 -knife face, and on T_2 - and T_1 -knife faces of composite tool.

α : clearance angle of T_2 ; β : sharpness angle of T_2 ; $\theta (= \alpha + \beta)$: cutting angle of T_2 ; β' : sharpness angle of T_1 (edge angle of chip breaker); $\theta' (= \beta' + \theta)$: cutting angle of T_1 (angle between rake face of T_1 and machined surface of workpiece); l_c : rake face length of T_2 (distance between tool edge and chip breaker edge); l_k : rake face length of T_1 (land length of chip breaker); R : resultant force of cutting force; F_H , F_V : horizontal and vertical components of R ; F , N : frictional and normal forces acting on T_2 or T_1 . The cutting force components acting on T_2 , T_1 , and both T_2 and T_1 are denoted by subscripts in the bracket, i. e., K, B, and B·K, respectively.

Table 1. Experimental conditions.

	Experiment I	Experiment II
α, β, θ	$\alpha=10^\circ, \beta=25^\circ, \theta=35^\circ$	
β'	$49.7^\circ, 0^\circ$	49.7°
l_c	$0.21 \sim 8.0$ mm	0.40 mm
l_R, f	$l_R=2.0$ mm, $f=138.7$ mm	
θ'	$84.7^\circ, 35^\circ$	84.7°
t	$0.2, 0.3$ mm	
φ_1	0° (parallel to the grain)	$-5^\circ, -10^\circ$ (with the grain) $5^\circ, 10^\circ$ (against the grain) 0°
φ_2, φ_3	$\varphi_2=0^\circ, \varphi_3=20^\circ \sim 55^\circ$	

$\alpha, \beta, \beta', \theta, \theta', l_c$ and l_R : refer to Fig. 1 ; t : depth of cut ; f : cutting speed ; φ_1 : angle of grain orientation to machined surface (grain angle) ; φ_2 : inclination of diagonal grain in machined surface to cutting direction ; φ_3 : angle of annual rings to machined surface.

Table 2. Test materials used for this study.

Species (r_u)	Species (r_u)
Balsa (0.19)	Kuri (0.52)
Western red cedar (0.31)	Radiata pine (0.56)
Sugi (0.33)	Jongkong (0.58)
Todomatsu (0.37)	Mersawa (0.61)
Spruce (0.39)	Black walnut (0.62)
Douglas fir (0.40)	Makanba (0.64)
Chosengoyo (0.41)	Ramin (0.66)
Red meranti (0.43)	Septir paya (0.70)
Ezomatsu (0.45)	Rosewood (0.73)
Agathis (0.46)	Shiberia karamatsu (0.79)
Hinoki (0.48)	Apitong (0.84)
Kamerere (0.48)	Shirakashi (1.01)
Taiwan hinoki (0.49)	

r_u : specific gravity at tests (g/cm^3).

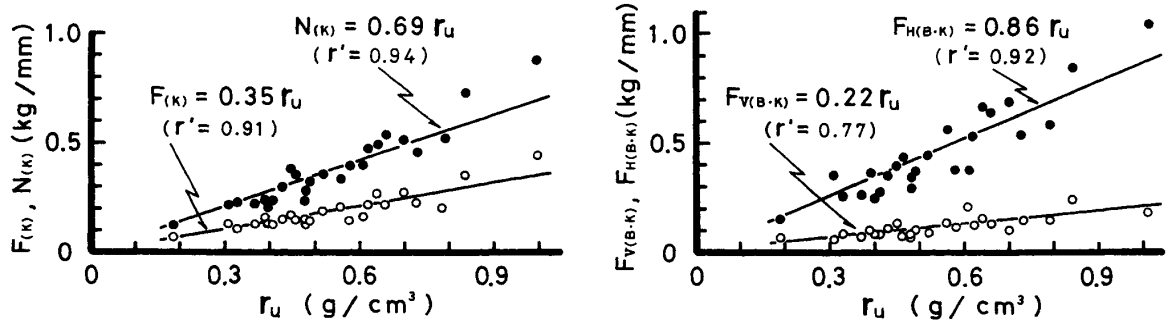


Fig. 2. An example of relation between cutting force components ($F_K, N_K, F_{V(B-K)}$ and $F_{H(B-K)}$) and specific gravity (r_u). (Experiment I)

$F_K, N_K, F_{V(B-K)}$ and $F_{H(B-K)}$: refer to Fig. 1 ; r' : correlation coefficient ; cutting conditions [symbols (t, φ_1, l_c and β') : refer to Fig. 1 and Table 1] : $t=0.2$ mm, $\varphi_1=0^\circ$, $l_c=0.49$ mm, $\beta'=49.7^\circ$.

ここで、添字付きの α はそれぞれの実験式における係数を意味する（以下の実験式においても同じ）。これら(3), (4)式の諸係数を(1)式に代入すると、 T_1 ナイフすくい面に加わる摩擦力 ($F_{(B)}$) および垂直力 ($N_{(B)}$) (kg/mm) は、

$$\left. \begin{aligned} F_{(B)} &= \alpha_{F_{(B)}} \cdot r_u \\ N_{(B)} &= \alpha_{N_{(B)}} \cdot r_u \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

で表され、結局、 $F_{(B)}, N_{(B)}$ も r_u (g/cm^3) と比例関係が成立する。また、(2), (3)式を用いて T_2 ナイフ切れ刃面に加わる水平分力 ($F_{H(K)}$), 垂直分力 ($F_{V(K)}$) を、また、(2), (5)式を用いて T_1 ナイフすくい面に加わる水平分力 ($F_{H(B)}$), 垂直分力 ($F_{V(B)}$) を、それぞれ算出した。これらの分力 (kg/mm) も r_u (g/cm^3) とつぎの関係が成立した。

$$\left. \begin{aligned} F_{H(K)} &= \alpha_{F_{H(K)}} \cdot r_u \\ F_{V(K)} &= \alpha_{F_{V(K)}} \cdot r_u \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

$$\left. \begin{aligned} F_{H(B)} &= \alpha_{F_{H(B)}} \cdot r_u \\ F_{V(B)} &= \alpha_{F_{V(B)}} \cdot r_u \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Table 3. Comparison of coefficients ($\alpha_{F_{HB \cdot K}}$, $\alpha_{F_{VB \cdot K}}$, $\alpha_{F_{(K)}}$ and $\alpha_{N_{(K)}}$) in Eqs. (4) and (3). (Experiment I)

l_c (mm)	0.29				0.40			
t (mm)	0.2		0.3		0.2		0.3	
$\beta' (^{\circ})$	49.7	0	49.7	0	49.7	0	49.7	0
$\alpha_{F_{HB \cdot K}}$	1.53	0.79	2.09	0.97	1.04	0.81	1.53	1.02
$\alpha_{F_{VB \cdot K}}$	-0.12	0.30	-0.15	0.39	0.06	0.29	-0.02	0.41
$\alpha_{F_{(K)}}$	0.37	0.29	0.52	0.32	0.33	0.38	0.40	0.46
$\alpha_{N_{(K)}}$	0.77	0.49	1.05	0.58	0.65	0.59	0.94	0.83

l_c , t and β' : refer to Fig. 1 and Table 1; grain angle (φ_1): 0° .

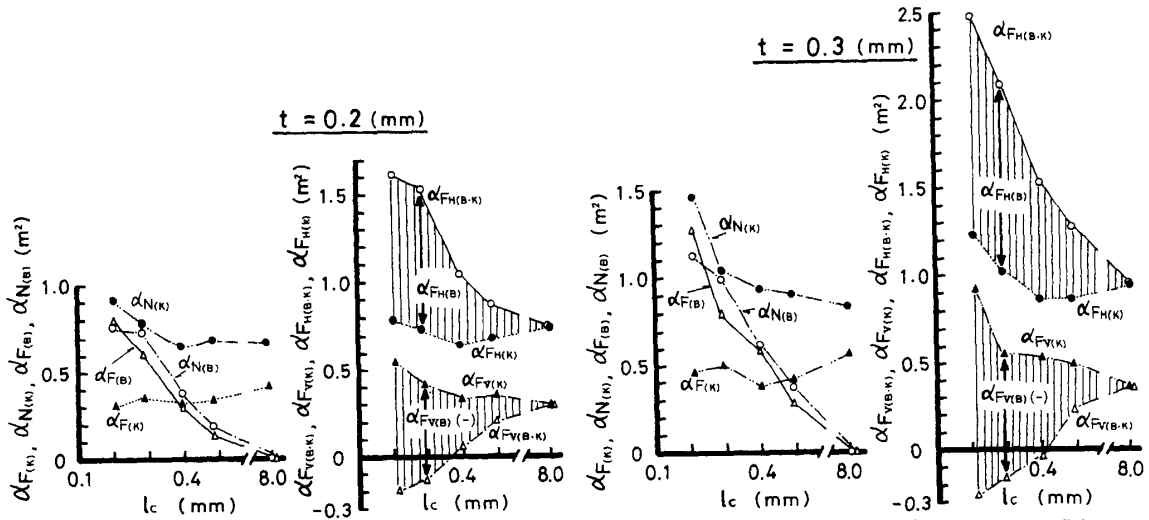


Fig. 3. Variation of various coefficients in Eqs. (3)~(7) with rake face length (l_c). (Experiment I)

The subscripts (K, B, and B·K) in the bracket show the knives of cutting tool (T_2), chip breaker (T_1), and both T_2 and T_1 , respectively. $\alpha_{F_{HB}} = \alpha_{F_{HB \cdot K}} - \alpha_{F_{HB \cdot K}}$, $\alpha_{F_{VB}} = \alpha_{F_{VB \cdot K}} - \alpha_{F_{VB \cdot K}}$; cutting conditions [symbols (φ_1 and β') refer to Fig. 1 and Table 1]: $\varphi_1 = 0^{\circ}$, $\beta' = 49.7^{\circ}$.

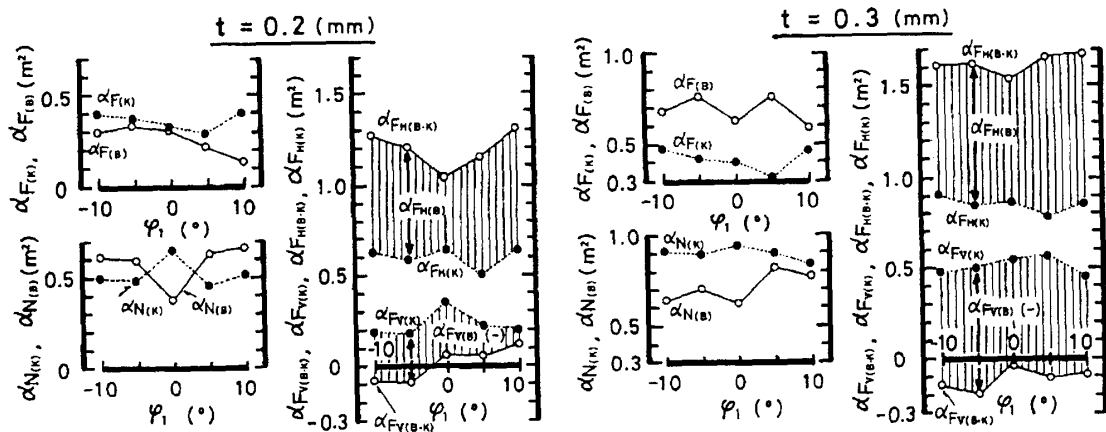


Fig. 4. Variation of coefficients in Eqs. (3)~(7) with grain angle (φ_1). (Experiment II)

The subscripts (K, B, and B·K) in the bracket: refer to Fig. 3; $\alpha_{F_{HB}}$, $\alpha_{F_{VB}}$: refer to Fig. 3; cutting conditions [symbols (l_c and β') refer to Fig. 1]: $l_c = 0.40$ mm, $\beta' = 49.7^{\circ}$; t : depth of cut; $\varphi_1 \geq 0^{\circ}$: refer to Table 1.

(3)式～(7)式などを用いて、切削抵抗の各分力の変化について検討を行う。まず最初に、裏刃を作用させた場合と作用させない場合とを比較して、“裏刃の作用”^{*3}について考えてみる。その結果の一例を **Table 3** に示す。同表における $\beta' = 0^\circ$ は T_2 ナイフの θ' を T_2 ナイフの θ と等しくした場合であるから、このときの切削は裏刃の作用が全く現れず、裏刃の装備のない場合の切削を意味する。したがって、 $\beta' = 0^\circ$ の場合と比較することによって T_2 ナイフおよび T_2 、 T_1 の両ナイフに加わる切削抵抗の変化に及ぼす裏刃の影響を検討することができる。

Table 3 において、 $\beta' = 0^\circ$ と $\beta' = 49.7^\circ$ とを比較すれば、裏刃後退量 l_c の大きさによって $\alpha_{F_{H(B \cdot K)}}$ 、 $\alpha_{F_{V(B \cdot K)}}$ および $\alpha_{F_{(K)}}$ 、 $\alpha_{N_{(K)}}$ の大きさが異なることがわかる。裏刃の作用は l_c によって大きく左右される¹⁾から、 l_c が小さい場合には、その作用が著しく大きい。即ち、 l_c が小さい場合には、 $\alpha_{F_{H(B \cdot K)}}$ は著しく増加するが、 $\alpha_{F_{V(B \cdot K)}}$ は正から負の方向へ変化し、その絶対値も増加する。しかし、 l_c が比較的大きい場合には、裏刃の作用は上記の場合より比較的小なく、 $\alpha_{F_{H(B \cdot K)}}$ の増加の程度および $\alpha_{F_{V(B \cdot K)}}$ の変化の様相も異なる。とくに、 $\alpha_{F_{V(B \cdot K)}}$ は正の値から 0 付近の小さい値に変化し、しかも負の値となる場合（切込量 $t = 0.3$ mm の場合）と、正の値が著しく減少して 0 付近の小さい値となる場合（ $t = 0.2$ mm の場合）とがある。これは、 $t = 0.3$ mm では l_c がほぼ適正条件¹⁾となっている（裏刃が先割れ防止に効果的に作用する）ためであり、 $t = 0.2$ mm では l_c が適正条件から若干はずれている（裏刃の作用が不足する）ためと考えられる。

一方、 $\alpha_{F_{(K)}}$ 、 $\alpha_{N_{(K)}}$ の変化も l_c によって異なる。 l_c が小さい場合には、 $\alpha_{F_{(K)}}$ 、 $\alpha_{N_{(K)}}$ ともに $\beta' = 0^\circ$ の場合のそれらより増加するが、 l_c が比較的大きい場合には、 $\alpha_{F_{(K)}}$ は若干減少、 $\alpha_{N_{(K)}}$ は若干増加の傾向をそれぞれ示すが、 l_c が小さい場合の変化に比べれば、 $\alpha_{F_{(K)}}$ 、 $\alpha_{N_{(K)}}$ ともに大きな変化を示さないといえる。

これら切削抵抗の変化により明確にするため、これらと l_c との関係を調べた。その結果を **Fig. 3** に示す。同図における $l_c = 8.0$ mm は T_2 の l_c を切屑接触長さ l_k より充分大きくした場合である（ l_k は r_n に無関係で、 $t = 0.3$ mm の場合で $l_k = 1.38$ mm である⁴⁾）。切屑は T_1 ナイフすくい面には無接触となるから、このような条件での切削は裏刃の装備のない場合の切削に相当する。したがって、 $l_c = 8.0$ mm の場合とそうでない場合の諸係数を互いに比較することによって、 l_c の影響を調べることができる。**Fig. 3** には、 T_1 ナイフすくい面に加わる $F_{H(B)}$ ($=F_{H(B \cdot K)} - F_{H(K)}$)、 $F_{V(B)}$ ($=F_{V(B \cdot K)} - F_{V(K)}$) をも図中に示した。

Fig. 3 から明らかなように、 l_c の減少に伴い $F_{H(B \cdot K)}$ は増加の傾向を示すが、 $F_{V(B \cdot K)}$ は正の値から次第に減少し、負の方向へ変化し、その絶対値も増加する（両者の中間状態、即ち、 $F_{V(B \cdot K)} = 0$ は $l_c = 0.3 \sim 0.4$ mm のときに起る）。一方、 $F_{H(K)}$ および $F_{V(K)}$ は l_c の減少に伴い漸増の傾向を示すが、 l_c が極めて小さい場合を除けば、これらの分力は $l_c = 8.0$ mm のときのそれらと大差のない値をとると考えられる。即ち、裏刃の作用は工具全体に加わる切削抵抗（ $F_{H(B \cdot K)}$ 、 $F_{V(B \cdot K)}$ ）の著しい変化をもたらすが、 l_c を極端に小さくしない限り工具切れ刃面に加わる切削抵抗（ $F_{(K)}$ 、 $N_{(K)}$ および $F_{H(K)}$ 、 $F_{V(K)}$ ）の大きな変化をもたらさない。

裏刃を作用させる場合、裏刃すくい面による被削材の圧縮の作用と同時に、切屑の曲げ

^{*3} 裏刃すくい面によって、工具切れ刃前方の被削材の一部および切屑を圧縮し、そののち流出する切屑に曲げ作用を与える。その結果、切れ刃前方の先割れを防止し、折れ型切屑の発生を妨げ、切屑は著しい縮みを伴って流出する。本研究では、上記のような作用を“裏刃の作用”と呼ぶ。

作用も起る。これらの作用を助長させるためには、裏刃すくい面への“切屑の喰い付き”（切屑の付着を意味する）を大きくする必要がある^{5),6)}。そのためには、(1)式の $F_{(B)}$ を大きくするうえで $F_{V(B \cdot K)}$ は負であることが望まれる。しかし、負の $F_{V(B \cdot K)}$ を得るために l_c を極端に小さくすると、T₁ナイフすくい面への切屑の喰い付きを著しく増加させ、前記したように好ましい切削とはなり得ない。通常工具により、切屑生成形態および加工面あらさなどの変化を観察した結果から、裏刃の作用を効果的に行うための l_c を推定すると、いずれの材の切削においても、 $t=0.2$ mmでは $l_c=0.25 \sim 0.30$ mm、また、 $t=0.3$ mmでは $l_c=0.30 \sim 0.35$ mmと考えられ、これらの l_c は既報の結果¹⁾とも概ね一致する。

つぎに、繊維傾斜角 (ϕ_1) の変化に伴う(3)~(7)式の諸係数の変化について調べた。それらの結果を Fig. 4 に示す。Fig. 4 から明らかなように、いずれの ϕ_1 においても $F_{H(B \cdot K)}$ は極めて大きな値を示すが、 $F_{V(B \cdot K)}$ は極めて小さい値を示す。しかも、 l_c が既に述べたような適正条件に近い場合($t=0.3$ mmの場合)とそうでない場合($t=0.2$ mmの場合)とで、 $F_{H(B \cdot K)}$ 、 $F_{V(B \cdot K)}$ の ϕ_1 に伴う変化の様相が若干異なる。 l_c が適正条件に近づくほど $F_{H(B \cdot K)}$ 、 $F_{V(B \cdot K)}$ の ϕ_1 に伴う変動が少なくなる。しかも、 $F_{(K)}$ 、 $N_{(K)}$ 、 $F_{H(K)}$ 、 $F_{V(K)}$ 、 $F_{(B)}$ および $N_{(B)}$ の ϕ_1 に伴う変動も比較的少ない(Fig. 4)。上記の結果は、 $\phi_1 \geq 0^\circ$ のいずれの場合もあり得る仕上げ鉋や手鉋（二枚刃台鉋）などの切削においては好都合の結果である。即ち、 l_c を適正条件にセットすれば、工具全体に加わる切削抵抗の増加は避けられないが、 ϕ_1 の変化に伴う切削抵抗の各分力の変化の割合が少なくなり、安定した切削を行うことができる。

気乾容積重の比較的広い範囲にわたって、切削抵抗の各分力の変化を中心に、裏刃の作用について述べてきた。しかし、本研究では、供試材のすべてが1樹種1個体であり、得られた結果がバラツキも加わって必ずしも樹種特性を示すものでない場合もあると考えられるが、この点に関しては、今後の実験の積み重ねによって明らかにしてゆく必要がある。

4. 結 言

気乾容積重 (r_v) の比較的広い範囲にわたる25種の木材を用い、裏刃を装備させた工具による二次元低速切削を行った。実験は、主として分割工具を用い、裏刃後退量 (l_c) と繊維傾斜角 (ϕ_1) を変化させ、工具の切れ刃面および裏刃すくい面に加わる切削抵抗の分力の変化を測定し、それらと r_v ならびに裏刃の作用との関係について検討した。得られた結果を要約すると、つぎのとおりである。

(1) 裏刃の作用は、切削抵抗の分力の変化をもたらす (Table 3)。(2) 工具切れ刃面および裏刃すくい面に加わる切削抵抗の各分力は r_v と比例関係が成立し、(3)~(7)式のように表現できる (Table 2)。(3) l_c の減少に伴い(4)式、(5)式および(7)式の諸係数は著しい変化を示すが、(3)式の諸係数は大きな変化を示さない (Fig. 3)。(4) l_c を適正条件に近づけた場合 (切込量 (t) = 0.3 mmの場合)、 ϕ_1 の変化に伴う切削抵抗の各分力の変化の割合が少なくなる (Fig. 3 および Fig. 4)。

文 献

- 1) 杉山 滋：長崎大学教育学部紀要 —自然科学—，第64号，27~33 (2001)。
- 2) 杉山 滋：木材学会誌，23 (10)，472~479 (1977)。
- 3) 杉山 滋，菅 都子：木材学会誌，24 (10)，698~704 (1978)。
- 4) 杉山 滋，中島明子：材料学会誌 (材料)，28 (310)，597~602 (1979)。
- 5) 杉山 滋：木材学会誌，24 (1)，19~25 (1978)。
- 6) 杉山 滋，徳永祐治：木材学会誌，24 (9)，612~618 (1978)。